

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Obergurt	Position: 481, 484, 491, 488
---------	----------------------------------------	-----------------	------------------------------

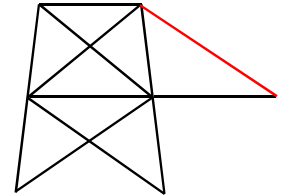
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	25,65	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	2831	=	2831	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	2831	=	2831	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	b1	x	b2	x	t	mm
		50		50		5	

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>



### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $196,94 < 200$

Biegeknicken um die  $\zeta$ -Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 290,96$  **00 ACHTUNG !!!**

**max  $\lambda = 290,96$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 3,81$  [1]

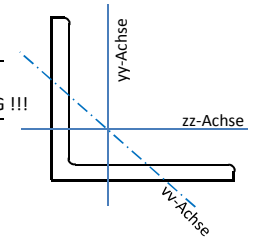
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 8,63$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,06$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -9,46$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

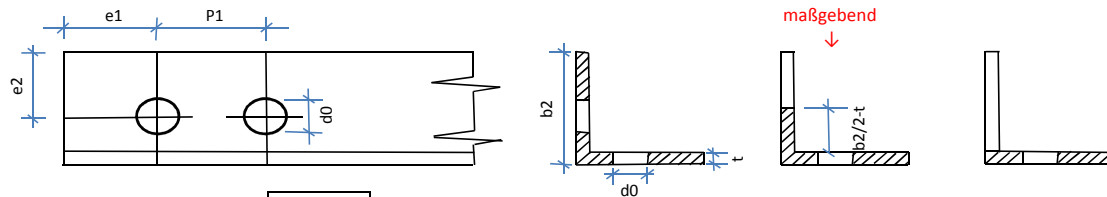
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Obergurt	Position: 481, 484, 491, 488
---------	----------------------------------------	-----------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,60$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



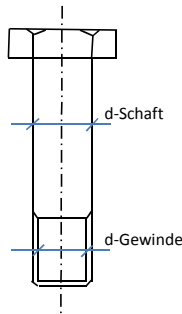
Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  : **1,25**

Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z} = (0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 81,44$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

Zugbeanspruchungsnachweis:  $N_z / N_{R,z} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
 ( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch} : 2,01$  cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb} : 300$  N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp} : 1,57$  cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub} : 500$  N/mm<sup>2</sup>

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb} : 1,25$

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 96,48$  kN

maßgebende Normalkraft max N : 25,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{v,Rd} = 0,27 < 1$  Auslastung: 27%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

Abstände der Bohrung

e1 =	<b>35</b>	mm
e2 =	<b>25</b>	mm
P1 =	<b>50</b>	mm

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2} : 1,25$

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 2,33$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 2,67$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,04$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = 2,19$

**maßgebend min  $\alpha_b = 2,04$**  (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 51,29$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 102,58 kN

maßgebende Normalkraft max N : 25,65 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{b,Rd} = 0,25 < 1$  Auslastung: 25%

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

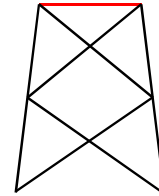
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand X</b>	<b>Position: 480, 487</b>
----------------	-----------------------------------------------	----------------------------------------------	---------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	45,27	kN	Lastfall:	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm



Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,98	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 150,67	< 200
		<b>max <math>\lambda = 150,67</math></b>		

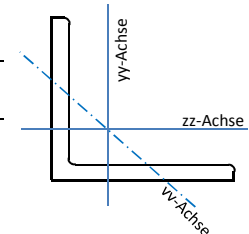
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,97$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,88$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,20$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -31,16$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

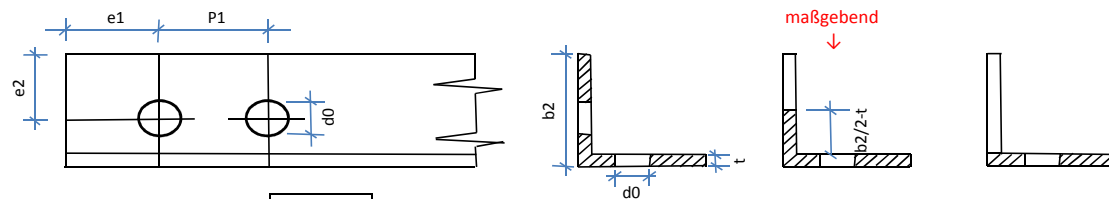
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand X	Position: 480, 487
---------	----------------------------------------	------------------------------------------	--------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>3</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 2,85 = 1,69$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

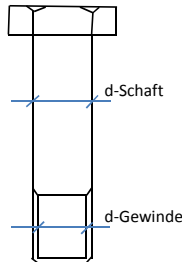
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 81,44$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,56 < 1$  Auslastung: 56%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01
		cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 144,72$  kN** ( \* n Schrauben )

maßgebende Normalkraft max N : 45,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>35</b>	mm
e2 =	<b>25</b>	mm
P1 =	<b>60</b>	mm

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,33$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,67$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,72$
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 2,04</math> (nach EN 50 341-1)</b>

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 51,29$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 153,87 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 45,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,29 < 1$  Auslastung: 29%

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

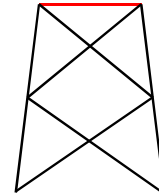
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand</b> y	<b>Position:</b> 566, 567, 568, 569
----------------	-----------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-5,96	kN	Lastfall: D Voll (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,09	kN	Lastfall: K Teil	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1466	=	1466	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	50	x	50	x	5 mm



Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft -5,96 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,98	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 150,67	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>150,67</b>	

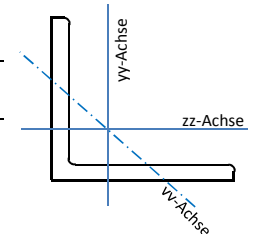
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 1,97$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 2,88$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,20$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -31,16$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,19 < 1$  Auslastung: 19%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,05 < 1$  Auslastung: 5%

## 6.2 Querträger 2 - Obergurt

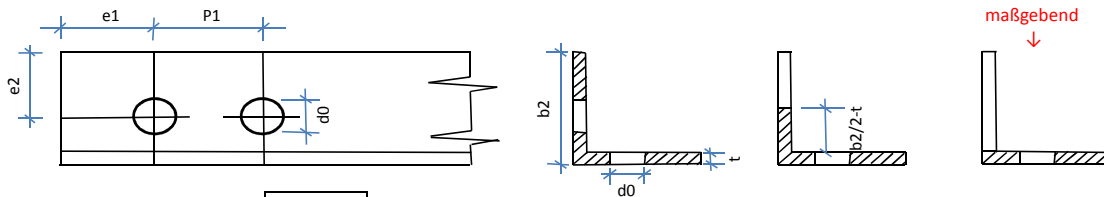
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalstab Obergurt Wand y	Position: 566, 567, 568, 569
---------	----------------------------------------	------------------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_y$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t = 1,60$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



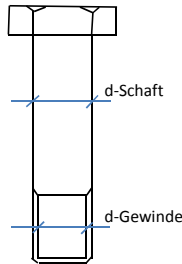
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : M 16 Güte : 5.6

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** 1,25

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$**

-  $\rightarrow \Sigma = 48,24$  kN  
↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$  kN**

maßgebende Normalkraft max N : 5,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,12 < 1$  Auslastung: 12%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 = 25 mm

e2 = 25 mm

P1 = entfällt

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 1,67$	
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 1,64$	
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,04$	
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = \text{entfällt}$	
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,64</math> (nach EN 50 341-1)</b>	

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 41,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 5,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,14 < 1$  Auslastung: 14%

## 6.2 Querträger 2 - Untergurt

Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Untergurt	Position: 528, 529, 538, 539
---------	----------------------------------------	------------------	------------------------------

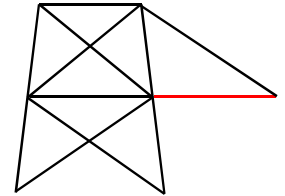
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-257,92	kN	Lastfall:	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	186,61	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1414	=	1414	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	771	=	771	mm (um vv-Achse)

Profil:	L	b1	x	b2	x	t	mm
		90		90		9	

Querschnittswerte:	$A$	=	15,52	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,60	cm	Stabstahlgröße =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,76	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>



### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgröße S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 90 / 9 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgröße S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 15,52 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -500,87 \text{ Druckkraft } -257,92 \text{ kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)}$

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $54,42 < 200$

Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 43,91 < 200$

**max  $\lambda = 54,42$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,71$  [1]

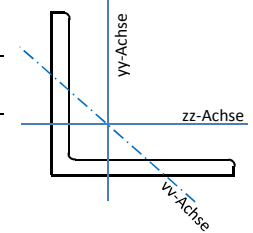
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,88$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,72$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -359,20 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,72 < 1$  Auslastung: 72%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -377,01 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,68 < 1$  Auslastung: 68%

## 6.2 Querträger 2 - Untergurt

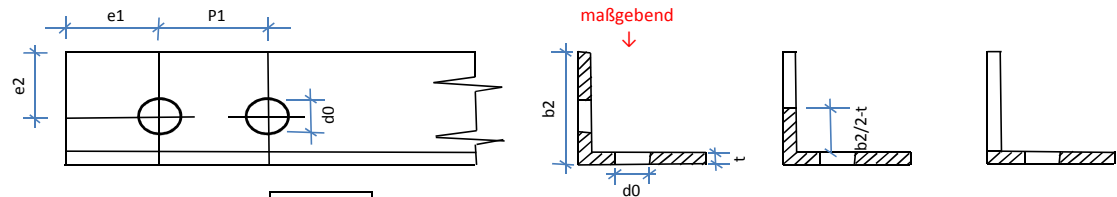
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Untergurt	Position: 528, 529, 538, 539
---------	----------------------------------------	------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>5</b>	Größe <b>M 20</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>2</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>22 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355			Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 6,12$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 10,17$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 10,40$  cm<sup>2</sup> maßgebend (beide Schenkel angeschlossen)  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 15,52 / 10,40 = 1,49 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



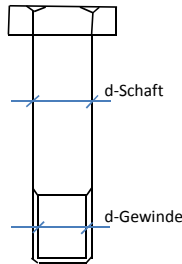
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 297,31$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,63 < 1$  Auslastung: 63%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
 ( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 20** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$  : 3,14 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$  : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$  : 2,45 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$  : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	3,14	3,14 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 75,36$  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 75,36$  kN  
 $\downarrow$  \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **376,80** kN

maßgebende Normalkraft max N : 257,92 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,68 < 1$  Auslastung: 68%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>40</b>	mm
e2 =	<b>40</b>	mm
P1 =	<b>70</b>	mm

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,18$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,44$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 3,03$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,57$

**maßgebend min  $\alpha_b = 2,18$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 123,16$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = **615,80** kN

maßgebende Normalkraft max N : 257,92 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

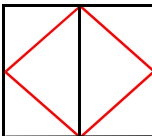
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,42 < 1$  Auslastung: 42%



## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalverband Diagonalen</b>	<b>Position: 173, 174, 175, 176</b>
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-37,76	kN	Lastfall: J-1 Teilbelegung	Ausfachungsart: 
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	37,72	kN	Lastfall: J-1 Teilbelegung	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	
Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1106	=	1106	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1106	=	1106	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	60	x	60	x	6 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	6,91	cm <sup>2</sup>	Herstellungsart =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,73	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,17	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:  $\lambda_{p,1} = b1 / t = 60 / 6 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlantheit:  $\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:  $\lambda_{p,2} = b2 / t = 60 / 6 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$  bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig

bezogene Plattenschlantheit:  $\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 6,91 \text{ cm}^2$

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -222,97 \text{ Druckkraft } -37,76 \text{ kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)}$

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C  $\Rightarrow$  Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00 < 2/3$   
Stützkraft nicht vorhanden

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $64,00 < 200$

Biegeknicken um die  $\zeta$ -Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow L_1 / i_{vv} = 94,61 < 200$

**max  $\lambda = 94,61$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 1,24 [1]$

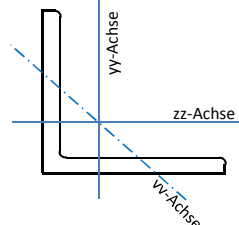
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,52 [1]$

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,42 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -92,74 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,41 < 1$  Auslastung: 41%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C  $\Rightarrow$  Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 76,41 [1]$

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{(A_{eff} / A)} = 0,65 [1]$

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83 [1]$

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) = 0,75 [1]$

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -167,83 \text{ kN}$

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,22 < 1$  Auslastung: 22%

## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

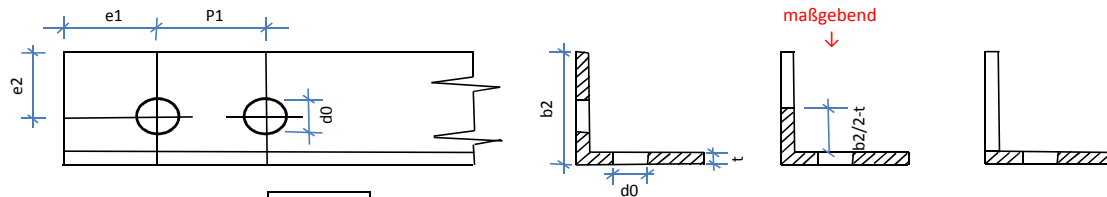
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Diagonalen	Position: 173, 174, 175, 176
---------	----------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>2</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 2,52$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 4,32$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 4,27$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 6,91 / 4,32 = 1,60 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 123,45$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

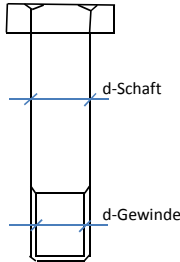
### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße: **M 16** Güte: **5.6**



Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 2,01 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 1,57 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN  
 -  $\rightarrow \Sigma = 48,24$  kN  
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **96,48** kN

maßgebende Normalkraft max N : 37,76 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,39 < 1$  Auslastung: 39%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 = **30** mm  
 e2 = **30** mm  
 p1 = **50** mm

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 2,00$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 2,16$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,68$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = 2,19$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 2,00$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 60,21$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = **120,42** kN

maßgebende Normalkraft max N : 37,76 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalverband Wand X</b>	<b>Position: 532, 533, 536, 537</b>
----------------	-----------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-220,34	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)	Ausfachungsart: 
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	159,82	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1564	=	1564	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	782	=	782	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
90	90	9
mm	mm	mm

Querschnittswerte:	$A =$	15,52	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy} =$	2,60	cm	Stabstahlqualität =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	1,76	cm	Streckgrenze $f_y =$	355 N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u =$	490 N/mm <sup>2</sup>
				E-Modul =	210000 N/mm <sup>2</sup>

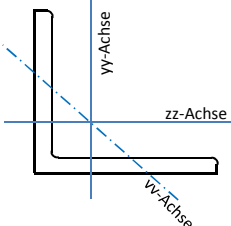
### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:	
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 90 / 9 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$
Schenkel 2:	
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 90 / 9 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	15,52	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-500,87	Druckkraft -220,34 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3	
		Stützkraft nicht vorhanden			
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	60,19	< 200	
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv}$	= 44,53	< 200	
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>60,19</b>		
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]		
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,79	[1]		
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,95	[1]		
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,67	[1]	Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} =$	

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -335,52$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  0,66 < 1 Auslastung: 66%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 50,00$
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$ [1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$ [1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$ [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -377,01$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  0,58 < 1 Auslastung: 58%

## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

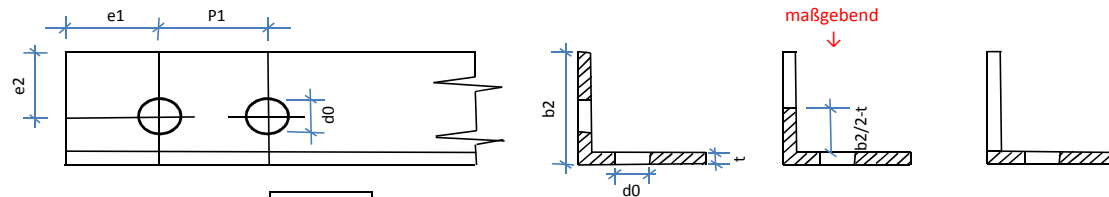
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand X	Position: 532, 533, 536, 537
---------	----------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>4</b>	Größe <b>M 24</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>26 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 5,76$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 9,81$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 9,76$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 15,52 / 9,81 = 1,58 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 280,34$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,57 < 1$  Auslastung: 57%

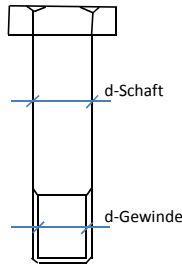
### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße: **M 24** Güte: **5.6**



Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 4,52 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 3,53 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	4,52	4,52 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 108,48$  kN  
 -  $\rightarrow \Sigma = 108,48$  kN  
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **433,92** kN

maßgebende Normalkraft max N : 220,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,51 < 1$  Auslastung: 51%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>60</b>	mm
e2 =	<b>40</b>	mm
p1 =	<b>70</b>	mm

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,77$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 3,34$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,39$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,10$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 2,10$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 142,56$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = **570,25** kN

maßgebende Normalkraft max N : 220,34 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

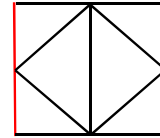
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,39 < 1$  Auslastung: 39%

## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalverband Wand Y</b>	<b>Position: 530, 531, 534, 535</b>
----------------	-----------------------------------------------	----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-30,90	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)	Ausfachungsart:
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	34,05	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,35)	
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1564	=	1564	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	782	=	782	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	70	x	70	x	7 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	9,40	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	2,02	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	1,37	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

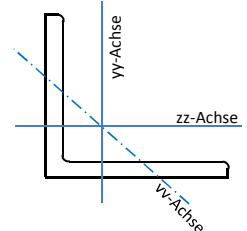
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 70 / 7 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	9,40	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-303,27	Druckkraft -30,9 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	77,48	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 57,29	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>77,48</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	1,01	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,21	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,53	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$  -161,28 kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  0,19 < 1 Auslastung: 19%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$ 50,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$  -228,27 kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  0,14 < 1 Auslastung: 14%

## 6.2 Querträger 2 - Horizontalverband

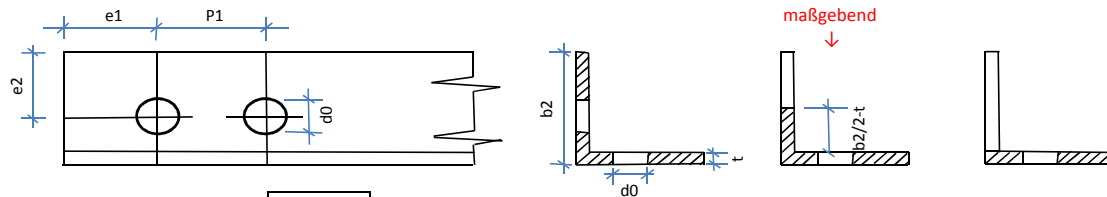
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalverband Wand Y	Position: 530, 531, 534, 535
---------	----------------------------------------	---------------------------------	------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>3</b>	Größe <b>M 20</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>22 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 3,36$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 5,81$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n > 1)  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 5,69$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 9,40 / 5,81 = 1,62 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 166,03$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,21 < 1$  Auslastung: 21%

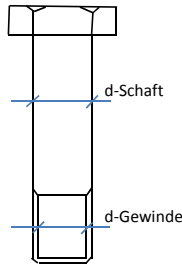
### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße: **M 20** Güte: **5.6**



Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 3,14 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 2,45 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	3,14	3,14 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 75,36$  kN  
 -  $\rightarrow \Sigma = 75,36$  kN  
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **226,08** kN

maßgebende Normalkraft max N : 34,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,15 < 1$  Auslastung: 15%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 = **35** mm  
 e2 = **30** mm  
 P1 = **70** mm

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,91$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,02$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 1,99$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = 2,57$   
**maßgebend min  $\alpha_b = 1,91$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 83,82$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = **251,45** kN

maßgebende Normalkraft max N : 34,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,14 < 1$  Auslastung: 14%

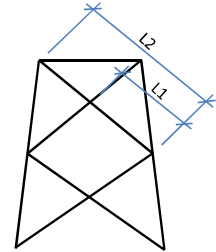
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 1</b>	<b>Position: 137, 138, 155, 156</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-25,75</b>	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>29,46</b>	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>29,20</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>572</b>	=	515	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>315</b>	=	284	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgröße = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

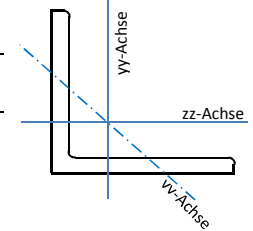
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>4,80</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-155,01</b>	Druckkraft -25,75 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,13$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	29,14 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 29,14 < 200
		<b>max <math>\lambda = 29,14</math></b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,38	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,62	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,91	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-140,61</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,18 &lt; 1</b>	Auslastung: 18%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$	50,00
--------------------	--------------------------------	-------

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-116,67</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,22 &lt; 1</b>	Auslastung: 22%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

### 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

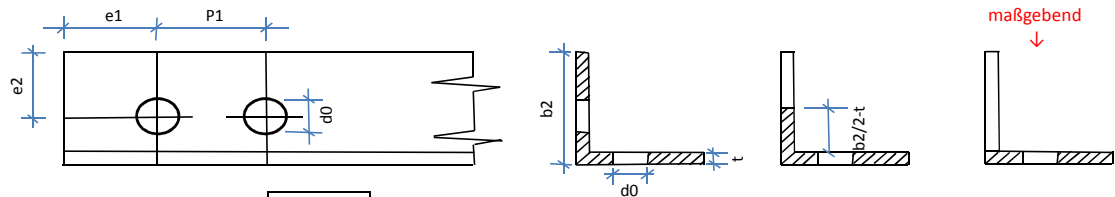
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 1	Position: 137, 138, 155, 156
---------	----------------------------------------	----------------------------------	------------------------------

#### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 1,60$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  : **1,25**

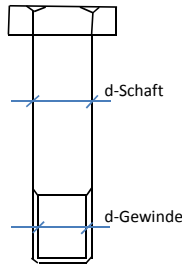
Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z} = (0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

Zugbeanspruchungsnachweis:  $N_z / N_{R,z} = 0,64 < 1$  Auslastung: 64%

#### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
 ( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

##### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch} : 2,01$  cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb} : 300$  N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp} : 1,57$  cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub} : 500$  N/mm<sup>2</sup>

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb} : 1,25$

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v :$	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v :$	2,01	2,01
		cm <sup>2</sup>

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN

Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$  kN

maßgebende Normalkraft max N : 29,46 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{v,Rd} = 0,61 < 1$  Auslastung: 61%

##### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

Abstände der Bohrung  
 e1 = **25** mm  
 e2 = **25** mm  
 P1 = entfällt

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2} : 1,25$

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,64$**  (nach EN 50 341-1)

Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 41,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 29,46 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

Zugbeanspruchungsnachweis:  $maxN / F_{b,Rd} = 0,71 < 1$  Auslastung: 71%



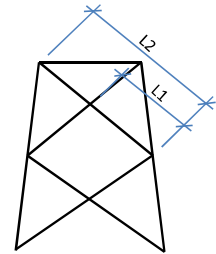
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 2</b>	<b>Position: 139, 140, 157, 158</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-25,12</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>28,74</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>28,51</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>688</b>	=	619	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>378</b>	=	340	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

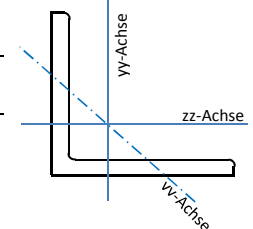
#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:	
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_1 = 1,00$
Schenkel 2:	
Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00 < 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660 \Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>4,80</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-155,01</b>	Druckkraft -25,12 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	1,13	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	34,96	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv}$	= 34,96	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>34,96</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,46	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,67	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,87	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-134,30</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,19 &lt; 1</b>	Auslastung: 19%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t =$	50,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-116,67</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,22 &lt; 1</b>	Auslastung: 22%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

### 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

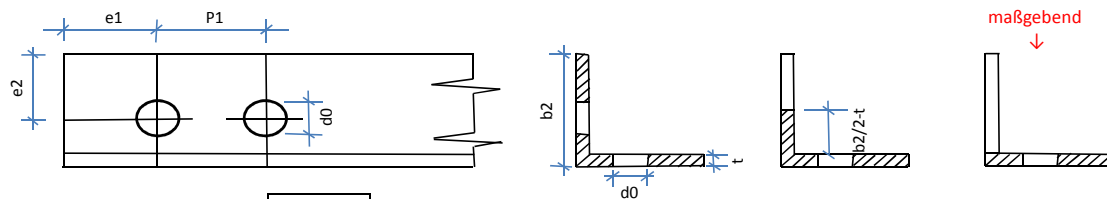
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 2</b>	<b>Position: 139, 140, 157, 158</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

#### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

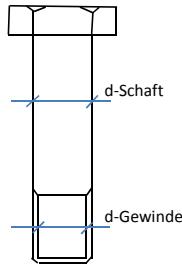
**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,63 < 1$  Auslastung: 63%

#### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

##### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01
		cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$**  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$**  kN

maßgebende Normalkraft max N : 28,74 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,60 < 1$  Auslastung: 60%

##### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 25** mm

**e2 = 25** mm

**P1 =** entfällt

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) =$ entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,64</math></b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$**  kN → \* n Schrauben = **41,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 28,74 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,70 < 1$  Auslastung: 70%

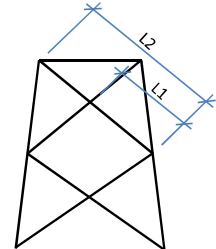
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 3</b>	<b>Position: 141, 142, 159, 160</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-22,36	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	20,69	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	20,59	kN	

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<span style="color: red;">0,9</span>	*	792	=	713	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<span style="color: red;">0,9</span>	*	431	=	388	mm (um vv-Achse)

b1	b2	t
Profil: L <span style="color: red;">40</span>	x <span style="color: red;">40</span>	x <span style="color: red;">5</span> mm

Querschnittswerte:	$A =$	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <span style="color: red;">warm gewalzt</span>
	$i_{zz} = i_{yy} =$	1,14	cm	Stabstahlgüte = <span style="color: red;">S355</span>
	$i_{\zeta} = i_{vv} =$	0,77	cm	Streckgrenze $f_y =$ 355 N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u =$ 490 N/mm <sup>2</sup>
				E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

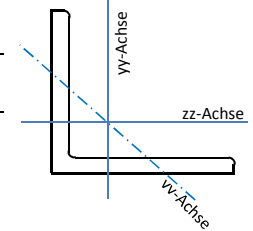
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<span style="color: red;">3,79</span>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<span style="color: red;">-122,28</span>	Druckkraft -22,36 kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,92$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	50,21 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} =$	50,21 < 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>50,21</b>



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,66	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,83	[1]
$K_{bk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{ \Phi^2 - \lambda' * \lambda' } ) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<span style="color: red;">-91,83</span>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	-----------------------------------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,24 < 1	Auslastung: 24%
-----------------------------------	-------------------	----------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{ \Phi^2 - \lambda' * \lambda' } ) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<span style="color: red;">-101,46</span>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	------------------------------------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,22 < 1	Auslastung: 22%
----------------------------------------	-------------------	----------	-----------------

### 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

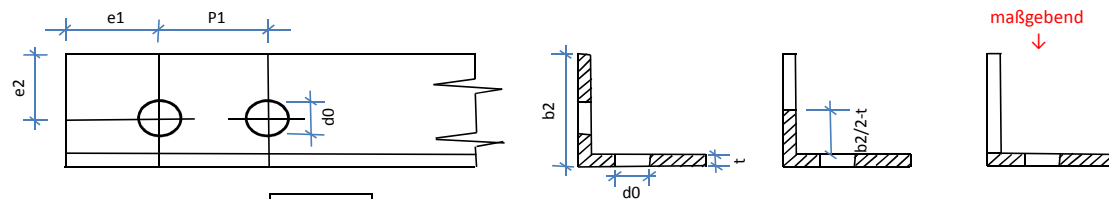
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 3</b>	<b>Position: 141, 142, 159, 160</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

#### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b1 - d0) * t =$	1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b1 - d0 + (b2/2)) * t =$	2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d0 * t) =$	2,15 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,56 < 1** Auslastung: 56%

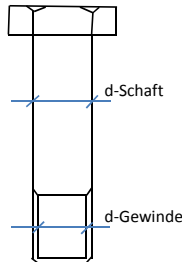
#### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

##### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**



Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  27,12** -  $\rightarrow \Sigma =$  27,12 kN  
↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  27,12 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 22,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,82 < 1** Auslastung: 82%

##### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>20</b> mm
e2 =	<b>20</b> mm
P1 =	entfällt

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d0 =$	1,71
$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d0 - 0.5) =$	1,72
$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d0 - 0.5) =$	entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,71</math> (nach EN 50 341-1)</b>	

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  32,26 kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 22,36 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,69 < 1** Auslastung: 69%

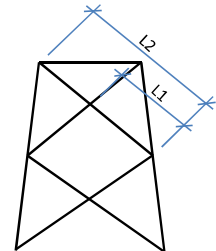
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 4</b>	<b>Position: 143, 144, 161, 162</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-17,58</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>18,72</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>18,57</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>940</b>	=	846	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>511</b>	=	460	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

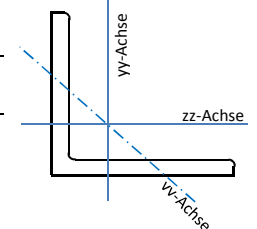
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft -17,58 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,06$	$\geq 2/3$
		Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	59,53 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 59,53 < 200
		<b>max <math>\lambda = 59,53</math></b>	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,78	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,95	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,68	[1]
		<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>



Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-82,57</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,21 &lt; 1</b>	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 40,00$	
Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$ [1]	
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} = 0,52$ [1]	
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,72$ [1]	
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,83$ [1]	
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,17 &lt; 1</b>	Auslastung: 17%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

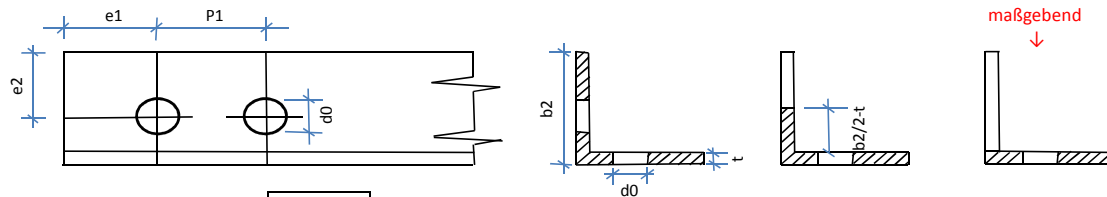
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 4</b>	<b>Position: 143, 144, 161, 162</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



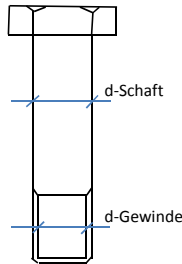
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,50 < 1$  Auslastung: 50%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 27,12$  kN**

maßgebende Normalkraft max N : 18,72 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,69 < 1$  Auslastung: 69%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 20 mm**

**e2 = 20 mm**

**P1 = entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,71$  (nach EN 50 341-1)**

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 18,72 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,58 < 1$  Auslastung: 58%

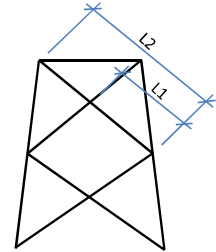
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 5</b>	<b>Position: 145, 146, 163, 164</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-15,30	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	15,09	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=	14,96	kN	

Ausfachungsart: gekreuzte Diagonalen



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1102</b>	=	992	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>598</b>	=	538	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <span style="color: red;">warm gewalzt</span>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <span style="color: red;">S355</span>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

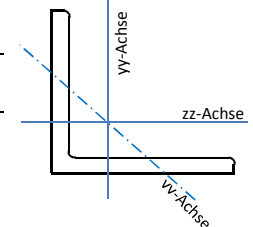
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft -15,3 kN zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knicksprunglinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 0,98 \geq 2/3$	Stützkraft ist Zugkraft
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	69,67 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	69,67 < 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>69,67</b>



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,91	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	1,09	[1]
$K_{bk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')} ) =$	0,59	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-72,46</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,21 &lt; 1</b>	Auslastung: 21%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knicksprunglinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / ( \Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')} ) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,15 &lt; 1</b>	Auslastung: 15%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

### 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

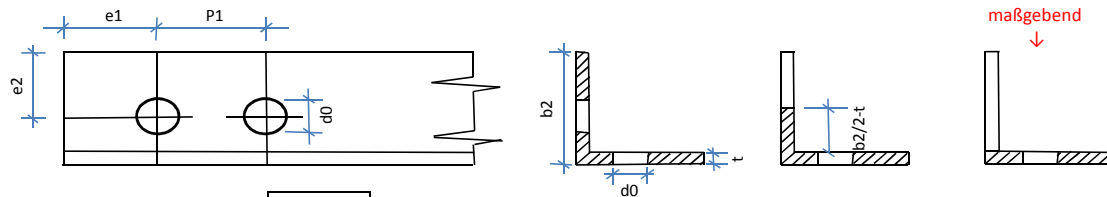
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 5	Position: 145, 146, 163, 164
---------	----------------------------------------	----------------------------------	------------------------------

#### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,30$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,30$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,15$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

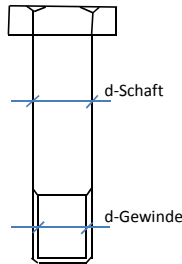
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,41 < 1$  Auslastung: 41%

#### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

##### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )



Schraubengröße:	<b>M 12</b>	Güte:	<b>5.6</b>		
Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13
	cm <sup>2</sup>	

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 27,12$  kN

maßgebende Normalkraft max N : 15,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,56 < 1$  Auslastung: 56%

##### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

<b>Abstände der Bohrung</b>	
e1 = <b>20</b> mm	
e2 = <b>20</b> mm	
P1 = <b>entfällt</b>	

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) =$ entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,71</math></b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 32,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 15,3 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,47 < 1$  Auslastung: 47%



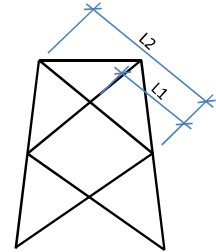
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 6</b>	<b>Position: 147, 148, 165, 166</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-12,25</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>13,71</b>	kN	Lastfall: Ha-5 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>13,67</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1263</b>	=	1137	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>682</b>	=	614	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: ( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_1 = 1,00$

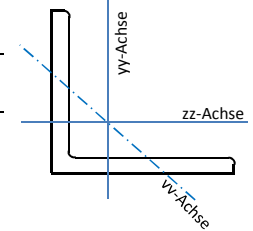
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	$< 13,8 \Rightarrow$ bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{(t * 235 / f_y)} = 0,528$	$\Rightarrow \rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft <b>-12,25 kN</b> zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK): ( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickspannungslinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d = 1,12 \geq 2/3$	Stützkraft ist Zugkraft
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 \Rightarrow$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	79,46 < 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 \Rightarrow$	$L_1 / i_{vv} =$	79,46 < 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>79,46</b>



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	1,04	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	1,25	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,52	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-63,24</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,19 &lt; 1</b>	Auslastung: 19%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C $\Rightarrow$ Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} \Rightarrow 5 * b / t = 40,00$

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{(E / f_y)} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{(A_{eff} / A)} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \lambda' * \lambda')}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,12 &lt; 1</b>	Auslastung: 12%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

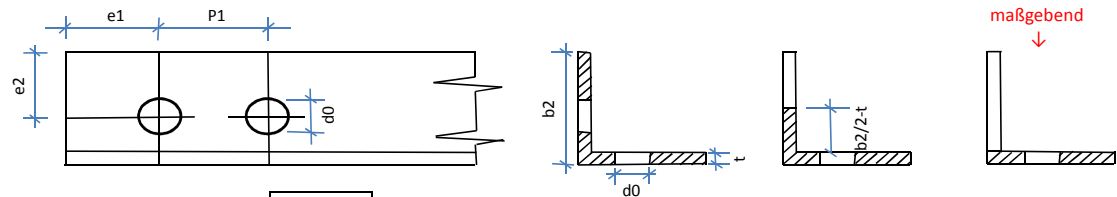
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 6</b>	<b>Position: 147, 148, 165, 166</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,30$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,30$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,15$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 3,79 / 1,30 = 2,91$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



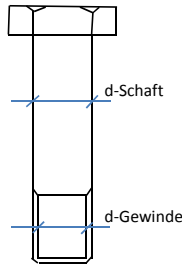
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 37,15$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,37 < 1$  Auslastung: 37%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
 ( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 27,12$  kN** ( \* n Schrauben )

maßgebende Normalkraft max N : 13,71 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,51 < 1$  Auslastung: 51%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 = **20** mm

e2 = **20** mm

P1 = **entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,71$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,72$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,14$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,71$  (nach EN 50 341-1)**

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 32,26$  kN → \* n Schrauben = 32,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 13,71 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,43 < 1$  Auslastung: 43%

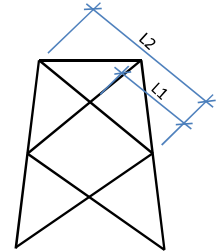
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 7</b>	<b>Position: 149, 150, 167, 168</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-22,21</b>	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>31,09</b>	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>30,96</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1146</b>	=	1031	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>594</b>	=	535	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

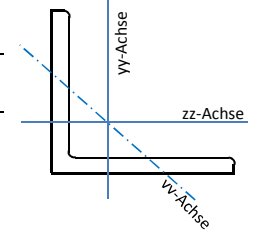
Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft -22,21 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$   $S_d / N_d = 1,39 \geq 2/3$   
Stützkraft ist Zugkraft

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	54,94	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 54,94	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>54,94</b>	



Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]  
 bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,72$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,89$  [1]  
 $K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,71$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -110,50$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,20 < 1$  Auslastung: 20%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]  
 bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$  [1]  
 $K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$  [1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,19 < 1$  Auslastung: 19%

### 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

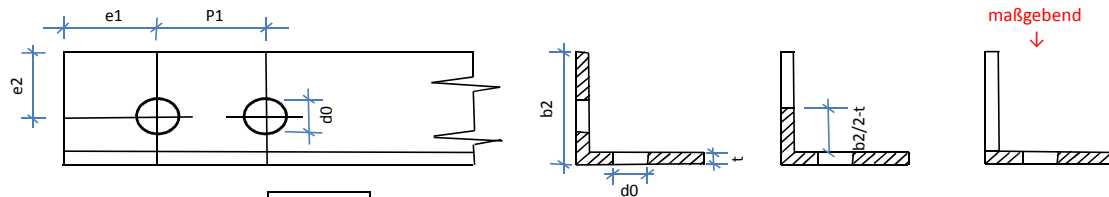
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 7</b>	<b>Position: 149, 150, 167, 168</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

#### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,68 < 1$  Auslastung: 68%

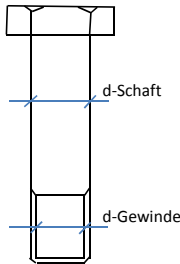
#### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

##### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : M 16 Güte : 5.6



Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** 1,25

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01
		cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$**  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$**  kN

maßgebende Normalkraft max N : 31,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,64 < 1$  Auslastung: 64%

##### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** 1,25

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 25 mm**

**e2 = 25 mm**

**P1 = entfällt**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,64</math></b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$**  kN → \* n Schrauben = **41,26** kN

maßgebende Normalkraft max N : 31,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,75 < 1$  Auslastung: 75%

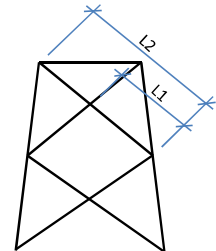
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 8</b>	<b>Position: 151, 152, 169, 170</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-30,70</b>	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>34,95</b>	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>30,68</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1632</b>	=	1469	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>884</b>	=	796	mm (um vv-Achse)

Profil:	<b>L</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>
---------	----------	-----------	----------	-----------	----------	----------	-----------

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} =$	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} =$	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} =$	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

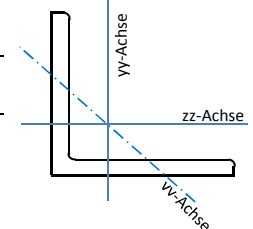
Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$  **4,80** cm<sup>2</sup>  
 Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$  **-155,01** Druckkraft **-30,7 kN** zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

	$S_d / N_d =$	1,00	$\geq 2/3$
	Stützkraft ist Zugkraft		

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	81,77	< 200
Biegeknicken um die z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 81,77	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>81,77</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	1,07	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,29	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,50	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$  **-77,56** kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  **0,40 < 1** Auslastung: 40%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$  50,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,65	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,83	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,75	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  **1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$  **-116,67** kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} =$  **0,26 < 1** Auslastung: 26%

**6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk**

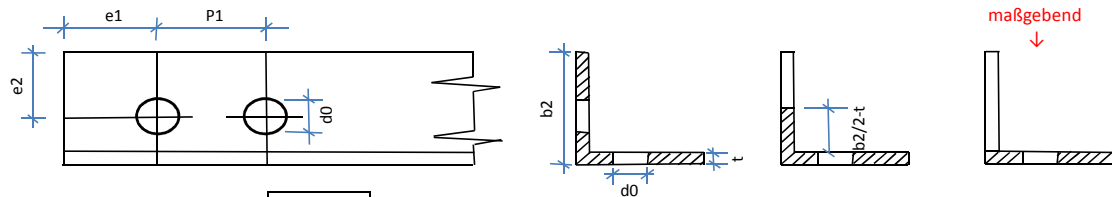
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 8	Position: 151, 152, 169, 170
---------	----------------------------------------	----------------------------------	------------------------------

**3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:**

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n)	Größe	Güte	Schnittigkeit $S_v$	Anzahl der angeschlossenen Schenkel
	1	M 16	5.6	1	1
	Lochspiel: 2 mm				
	d0 = 18 mm				
		Stabstahlgüte = S355			
		Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>			
		Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>			

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,60$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,85$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,70$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** 1,25

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

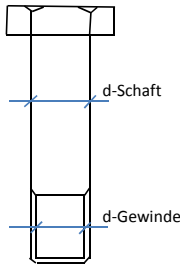
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,76 < 1$  Auslastung: 76%

**4.) Nachweis der Verbindung:**

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

**4.1) Scherbeanspruchbarkeit:**

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )



Schraubengröße :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M 16</span>	Güte :	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5.6</span>
Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** 1,25

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\rightarrow \Sigma = 48,24$  kN  
 ↓ \* n Schrauben

maßgebende Normalkraft max N : 34,95 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,72 < 1$  Auslastung: 72%

**4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:**

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** 1,25

<b>Abstände der Bohrung</b>	
e1 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">25</span> mm	
e2 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">25</span> mm	
P1 = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">entfällt</span>	

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 1,67$	
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 1,64$	
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,04$	
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = \text{entfällt}$	
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 1,64</math></b>	(nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$  kN → \* n Schrauben = 41,26 kN

maßgebende Normalkraft max N : 34,95 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,85 < 1$  Auslastung: 85%

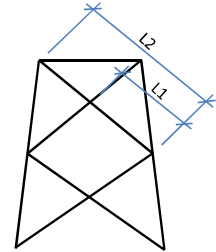
## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 9</b>	<b>Position: 153, 154, 171, 172</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	<b>-30,13</b>	kN	Lastfall: Ha-7 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	<b>27,40</b>	kN	Lastfall: Ha-6 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=	<b>27,04</b>	kN	

Ausfachungsart: **gekreuzte Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	<b>0,9</b>	*	<b>2010</b>	=	1809	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	<b>0,9</b>	*	<b>1096</b>	=	986	mm (um vv-Achse)

	<b>b1</b>		<b>b2</b>		<b>t</b>	
Profil:	<b>L 50</b>	<b>x</b>	<b>50</b>	<b>x</b>	<b>5</b>	<b>mm</b>

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

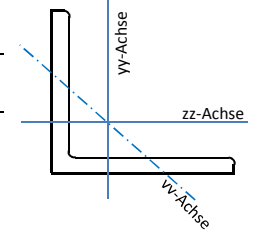
Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>  
 Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft -30,13 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$	$S_d / N_d = 0,90$	$\geq 2/3$
	Stützkraft ist Zugkraft	
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse): $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$ siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	101,38	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse): $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv} = 101,38$	< 200
	<b>max <math>\lambda = 101,38</math></b>	



Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankeit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 1,33$	[1]
$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 1,66$	[1]
$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,38$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -58,55$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,51 < 1$  Auslastung: 51%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$	
Biegedrillknicken: $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$	
Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$	[1]
bezogene Schlankeit $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$	[1]
$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,83$	[1]
$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,75$	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,26 < 1$  Auslastung: 26%

## 6.3 Querträger 2 - Horizontalfachwerk

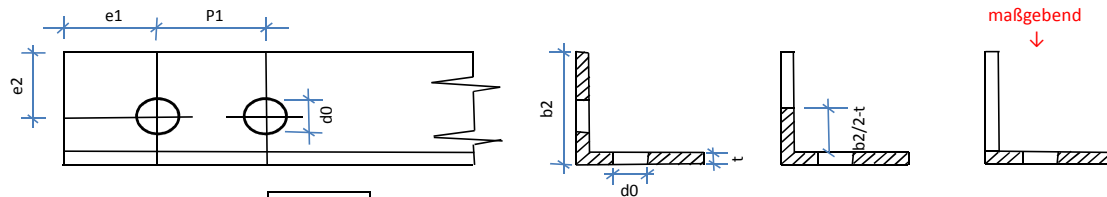
<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Horizontalfachwerk Feld 9</b>	<b>Position: 153, 154, 171, 172</b>
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------------	-------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b_1 - d_0) * t = 1,60$  cm<sup>2</sup> maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$  cm<sup>2</sup> nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

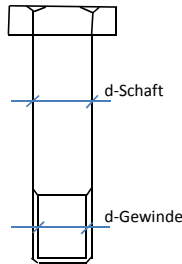
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,60 < 1$  Auslastung: 60%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )



Schraubengröße:	<b>M 16</b>	Güte:	<b>5.6</b>
Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$  kN** ( \* n Schrauben )

maßgebende Normalkraft max N : 30,13 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,62 < 1$  Auslastung: 62%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>25</b>	mm
e2 =	<b>25</b>	mm
P1 =		entfällt

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,64$  (nach EN 50 341-1)**

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 41,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 30,13 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,73 < 1$  Auslastung: 73%



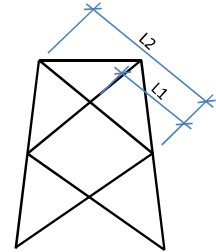
## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 73, 80, 87, 94</b>
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-2,96	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,89	kN	Lastfall: Ha-1 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1523	=	1523	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1523	=	1523	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	45	x	45	x	5 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	4,30	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1} = b1 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2} = b2 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2} = 0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,30$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -138,87$  Druckkraft -2,96 kN zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	118,54	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 174,92	< 200
		<b>max <math>\lambda = 174,92</math></b>		

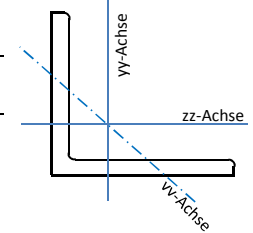
Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 2,29$  [1]

$\Phi_{bk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 3,63$  [1]

$K_{bk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,15$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**



Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -21,52$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,14 < 1$  Auslastung: 14%

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 45,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,59$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] = 0,77$  [1]

$K_{bdk} = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) = 0,79$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -109,97$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,03 < 1$  Auslastung: 3%

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

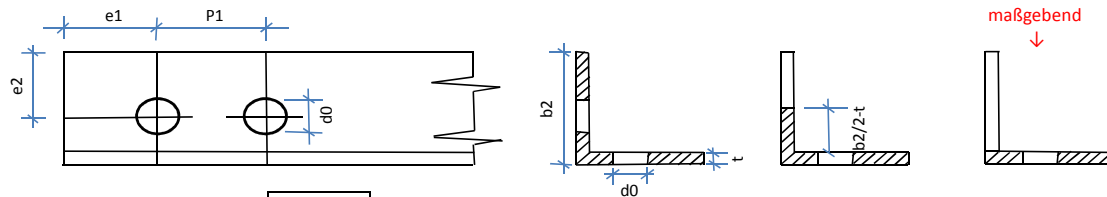
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 73, 80, 87, 94
---------	----------------------------------------	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y$ = 355	N/mm <sup>2</sup>
				Zugfestigkeit $f_u$ = 490	N/mm <sup>2</sup>

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :  $(b1 - d0) * t = 1,55 \text{ cm}^2$  maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)  
 Anzahl (n) der Schrauben > 1 :  $(b1 - d0 + (b2/2)) * t = 2,68 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Anschluss an beiden Schenkeln:  $0,9 * (A - 2 * d0 * t) = 2,61 \text{ cm}^2$  nicht maßgebend  
 Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?  $A / A_{net} = 4,30 / 1,55 = 2,78 > 1,14 \Rightarrow$  bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$ :**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 44,29 \text{ kN}$  ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

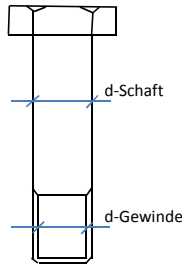
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,02 < 1$  Auslastung: 2%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
 Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )



Schraubengröße: **M 12** Güte: **5.6**

Schaftquerschnitt  $A_{sch}$ : 1,13 cm<sup>2</sup> Streckgrenze  $f_{yb}$ : 300 N/mm<sup>2</sup>  
 Spannungsquerschnitt (Gewinde)  $A_{sp}$ : 0,843 cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit  $f_{ub}$ : 500 N/mm<sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$ :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
	↓	↓
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :**  $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 27,12$  →  $\Sigma = 27,12 \text{ kN}$   
 ↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd}$ :** **27,12 kN**

maßgebende Normalkraft maxN: 2,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,11 < 1$  Auslastung: 11%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

e1 = **25** mm  
 e2 = **22** mm  
 P1 = entfällt

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$ :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e1 / d0 = 2,14$   
 $\alpha_b = 1,85 * (e1 / d0 - 0,5) = 2,38$   
 $\alpha_b = 2,30 * (e2 / d0 - 0,5) = 2,46$   
 $\alpha_b = 0,96 * (p1 / d0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 2,14$**  (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd}$ :**  $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 40,32 \text{ kN} \rightarrow * n \text{ Schrauben} = 40,32 \text{ kN}$

maßgebende Normalkraft maxN: 2,96 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,07 < 1$  Auslastung: 7%

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position:</b> 75, 76, 82, 83, 89, 90, 96, 97
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------------------

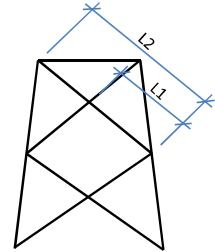
### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	0,00	kN	Lastfall:	
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	14,27	kN	Lastfall:	Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!	

Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	3101	=	3101	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1577	=	1577	mm (um vv-Achse)

Ausfachungsart: einfache Diagonalen



Profil:	L	50	x	50	x	5	mm
---------	---	----	---	----	---	---	----

Querschnittswerte:	$A$	=	4,80	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp =	warm gewalzt
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,44	cm	Stabstahlgüte =	S355
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,97	cm	Streckgrenze $f_y$	= 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$	= 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul	= 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche:

( EN 50341-1:2001 J.2.3 )

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 50 / 5 = 10,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,660$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:  $A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] = 4,80$  cm<sup>2</sup>

Druckspannungsnachweis:  $N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} : -155,01$  Druckkraft zulässig! ( EN 50341-1:2001 J.4.3 )

#### 2.2) Biegeknicken (BK):

( EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1 )

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

$S_d / N_d = 0,00$	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
--------------------	-------	----------------------------

Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):  $\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$  siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3  $215,72$  00 ACHTUNG !!!

Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):  $\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$   $L_1 / i_{vv} = 162,08$  < 200

**max  $\lambda = 215,72$**

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 2,82$  [1]

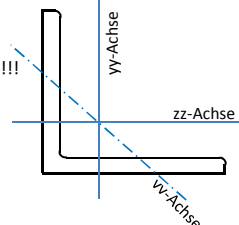
$\Phi_{bk} = 0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 5,13$  [1]

$K_{bk} = 1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,11$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -16,47$  kN

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%



#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickschwerachse C => Imperfektionsbeiwert  $\alpha = 0,49$

Biegedrillknicken:  $\lambda_{BDK} => 5 * b / t = 50,00$

Bezugsschlankheitsgrad  $\lambda_a = \pi * \sqrt{E / f_y} = 76,41$  [1]

bezogene Schlankheit  $\lambda' = (\lambda / \lambda_a) * \sqrt{A_{eff} / A} = 0,65$  [1]

$\Phi_{bdk} = 0,5 [ 1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda' ] = 0,83$  [1]

$K_{bdk} = 1 / ( \Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'} ) = 0,75$  [1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} = 1,10$**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:  $N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} = -116,67$  kN

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:  $N_d / N_{R,d} = 0,00 < 1$  Auslastung: 0%

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

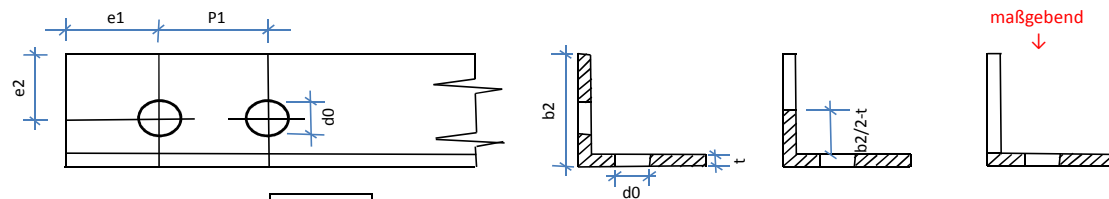
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 75, 76, 82, 83, 89, 90, 96, 97
---------	----------------------------------------	-------------------------	------------------------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
				Stabstahlgüte = S355	
				Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>	
				Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>	

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,60$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,85$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,70$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,80 / 1,60 = 3,00$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 45,72$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

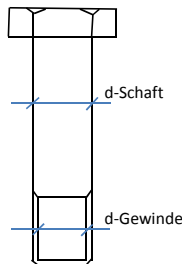
**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,31 < 1$  Auslastung: 31%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )



Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01	cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300	N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57	cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500	N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01
		cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$**  kN

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$  kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 14,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,30 < 1$  Auslastung: 30%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 35 mm**

**e2 = 25 mm**

**P1 = entfällt**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 2,33$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 2,67$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 2,04$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$
<b>maßgebend min <math>\alpha_b = 2,04</math> (nach EN 50 341-1)</b>

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 51,29$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 51,29 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 14,27 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,28 < 1$  Auslastung: 28%

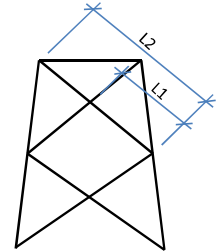
## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 78, 85, 92, 901</b>
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,09	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	0,36	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	1754	=	1754	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	1754	=	1754	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	45	x	45	x	5 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	4,30	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,28	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,87	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_1 = 1,00$

Schenkel 2:

Plattenschlantheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 45 / 5 = 9,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlantheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,594$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>4,30</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-138,87</b>	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3	Stützkraft nicht vorhanden
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	136,51	< 200	
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	=	201,45	00 ACHTUNG !!!
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>201,45</b>		

Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	2,64	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	4,57	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,12	[1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-16,72</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,30 &lt; 1</b>	Auslastung: 30%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	-----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49		
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$	45,00	
Bezugsschlankeitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankeitsgrad $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,59	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,77	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,79	[1]

**Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10**

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-109,97</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,05 &lt; 1</b>	Auslastung: 5%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	----------------

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

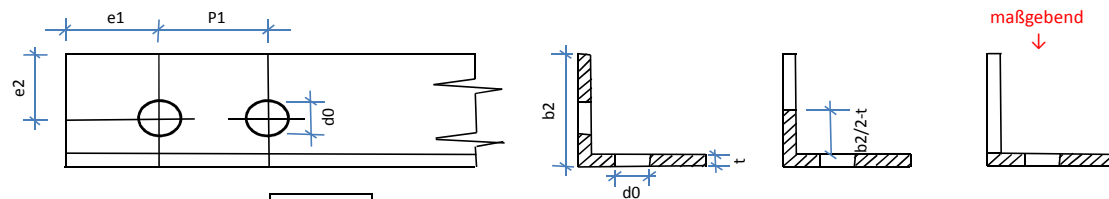
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 78, 85, 92, 901
---------	----------------------------------------	-------------------------	---------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 16</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>18 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y = 355$ N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u = 490$ N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t = 1,35$ cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t = 2,48$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0,9 * (A - 2 * d_0 * t) = 2,25$ cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} = 4,30 / 1,35 = 3,19$	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



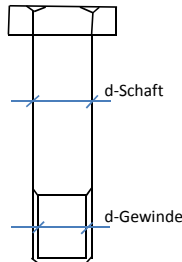
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0,9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0,9 = 38,58$  kN ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} = 0,01 < 1$  Auslastung: 1%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 16** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	2,01 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	1,57 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	2,01	2,01 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} = 48,24$  kN**

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = 48,24$  kN**

maßgebende Normalkraft max N : 5,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} = 0,11 < 1$  Auslastung: 11%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Abstände der Bohrung**

**e1 = 25 mm**

**e2 = 22 mm**

**P1 = entfällt**

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1,20 * e_1 / d_0 = 1,67$
$\alpha_b = 1,85 * (e_1 / d_0 - 0,5) = 1,64$
$\alpha_b = 2,30 * (e_2 / d_0 - 0,5) = 1,66$
$\alpha_b = 0,96 * (p_1 / d_0 - 0,5) = \text{entfällt}$

**maßgebend min  $\alpha_b = 1,64$  (nach EN 50 341-1)**

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0,8 = 41,26$  kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 41,26 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 5,09 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} = 0,12 < 1$  Auslastung: 12%

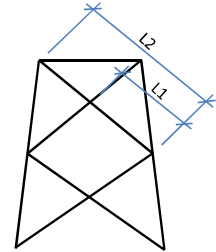
## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 79, 86, 93, 99</b>
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,27	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,05	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	433	=	433	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	433	=	433	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	40	x	40	x	5 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlgüte = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

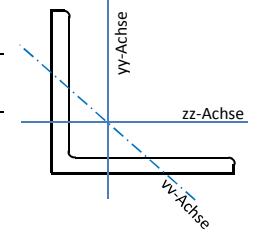
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	<b>3,79</b>	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	<b>-122,28</b>	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	38,01	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 56,05	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>56,05</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,73	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,90	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,70	[1]
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>	

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-86,06</b>	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	---------------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,00 &lt; 1</b>	Auslastung: 0%
-----------------------------------	-------------------	--------------------	----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$	40,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,83	[1]
	<b>Teilsicherheitsbeiwert: <math>\gamma_{M1} =</math></b>	<b>1,10</b>	

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	<b>-101,46</b>	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	----------------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	<b>0,00 &lt; 1</b>	Auslastung: 0%
----------------------------------------	-------------------	--------------------	----------------

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

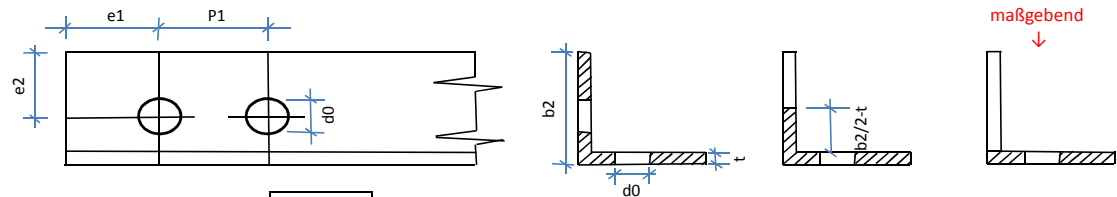
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 79, 86, 93, 99
---------	----------------------------------------	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



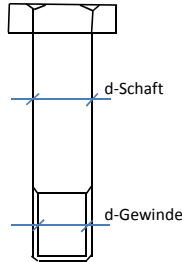
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,06 < 1** Auslastung: 6%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!  
( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$   $\alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  27,12** →  $\Sigma =$  27,12 kN  
↓ \* n Schrauben

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  27,12 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 2,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,08 < 1** Auslastung: 8%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

**Abstände der Bohrung**

e1 = **25** mm

e2 = **20** mm

P1 =  entfällt

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

$\alpha_b = 1.20 * e_1 / d_0 =$	2,14
$\alpha_b = 1.85 * (e_1 / d_0 - 0.5) =$	2,38
$\alpha_b = 2.30 * (e_2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p_1 / d_0 - 0.5) =$	entfällt

**maßgebend min  $\alpha_b =$  2,14** (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} =$   $min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  40,19 kN → \* n Schrauben = 40,19 kN**

maßgebende Normalkraft max N : 2,05 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,05 < 1** Auslastung: 5%



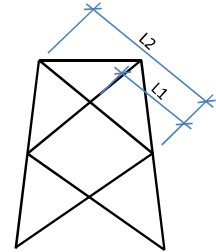
## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

<b>Mast 13</b>	<b>Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert</b>	<b>Trav.2 Vertikalfachwerk</b>	<b>Position: 74, 81, 88, 95</b>
----------------	-----------------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

### 1.) Maßgebende Querschnittswerte, Kräfte und Knicklängen:

max. Druckkraft	$N_{D,d}$	=	-0,90	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,00)
max. Zugkraft	$N_{Z,d}$	=	2,40	kN	Lastfall: Ha-4 (Vert.-Last *1,35)
Stützkraft	$S_d$	=		kN	Achtung keine Stützkraft!

Ausfachungsart: **einfache Diagonalen**



Knicklänge:	$\beta$ Eulerfall 2	*	$l$	=	$S_k$	
$S_{k,x} = L_2 =$	1,0	*	688	=	688	mm (um yy-Achse)
$S_{k,z} = L_1 =$	1,0	*	688	=	688	mm (um vv-Achse)

	b1		b2		t	
Profil:	L	40	x	40	x	5 mm

Querschnittswerte:	$A$	=	3,79	cm <sup>2</sup>	Herstellungstyp = <b>warm gewalzt</b>
	$i_{zz} = i_{yy}$	=	1,14	cm	Stabstahlqualität = <b>S355</b>
	$i_{\zeta} = i_{vv}$	=	0,77	cm	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>
					Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>
					E-Modul = 210000 N/mm <sup>2</sup>

### 2.) Stabilitätsnachweise:

#### 2.1) Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche: (EN 50341-1:2001 J.2.3)

Schenkel 1:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,1}$	=	$b1 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,1}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_1 = 1,00$

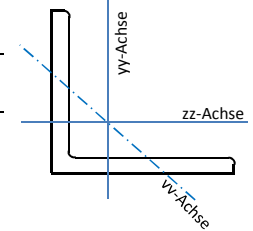
Schenkel 2:

Plattenschlankheit:	$\lambda_{p,2}$	=	$b2 / t = 40 / 5 = 8,00$	< 13,8 => bei Stahlgüte S355 keine Reduzierung notwendig
bezogene Plattenschlankheit:	$\lambda'_{p,2}$	=	$0,0537 * b1 / \sqrt{t * 235 / f_y} = 0,528$	=> $\rho_2 = 1,00$

Wirksame Querschnittsfläche:	$A_{eff} = A - t * [b1 * (1-\rho_1) + b2 * (1-\rho_2)] =$	3,79	cm <sup>2</sup>
Druckspannungsnachweis:	$N_D \leq A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} :$	-122,28	Druckkraft zulässig! (EN 50341-1:2001 J.4.3)

#### 2.2) Biegeknicken (BK): (EN 50341-1:2001 J.6.3.4 und EN 50341-3-4:2011 J.6.3.4 DE.1)

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	$S_d / N_d =$	0,00	< 2/3
		Stützkraft nicht vorhanden		
Biegeknicken um die X-Achse (yy-Achse):	$\lambda_{BK,x} = \lambda_2 =>$	siehe EN 50341-1:2001 J.6.3.3	60,39	< 200
Biegeknicken um die Z-Achse (vv-Achse):	$\lambda_{BK,z} = \lambda_1 =>$	$L_1 / i_{vv}$	= 89,06	< 200
		<b>max <math>\lambda =</math></b>	<b>89,06</b>	



Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	1,17	[1]
$\Phi_{bk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	1,42	[1]
$K_{bk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,45	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-55,09	kN
----------------------------	----------------------------------------------------	--------	----

Stabilitätsnachweis Biegeknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,02 < 1	Auslastung: 2%
-----------------------------------	-------------------	----------	----------------

#### 2.3) Biegedrillknicken (BDK):

Knickspannungslinie C => Imperfektionsbeiwert $\alpha =$	0,49	
Biegedrillknicken:	$\lambda_{BDK} => 5 * b / t =$	40,00

Bezugsschlankheitsgrad $\lambda_a =$	$\pi * \sqrt{E / f_y} =$	76,41	[1]
bezogene Schlankheit $\lambda' =$	$(\lambda / \lambda_a) \sqrt{A_{eff} / A} =$	0,52	[1]
$\Phi_{bdk} =$	$0,5 [1 + \alpha (\lambda' - 0,2) + \lambda' * \lambda'] =$	0,72	[1]
$K_{bdk} =$	$1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda' * \lambda'}) =$	0,83	[1]

Teilsicherheitsbeiwert:  $\gamma_{M1} =$  1,10

Knickbeanspruchbarkeit BDK:	$N_{R,d} = K_{bk} * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} =$	-101,46	kN
-----------------------------	----------------------------------------------------	---------	----

Stabilitätsnachweis Biegedrillknicken:	$N_d / N_{R,d} =$	0,01 < 1	Auslastung: 1%
----------------------------------------	-------------------	----------	----------------

## 6.4 Querträger 2 - Vertikalfachwerk

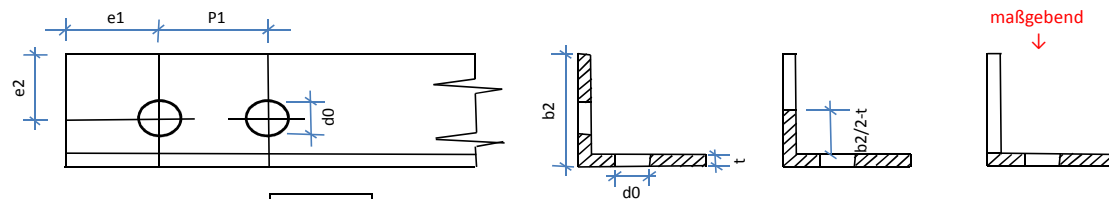
Mast 13	Kräfte einschl. Teilsicherheitsbeiwert	Trav.2 Vertikalfachwerk	Position: 74, 81, 88, 95
---------	----------------------------------------	-------------------------	--------------------------

### 3.) Nachweis der Zugbeanspruchung:

<b>Schraubenverbindung:</b>	Anzahl (n) <b>1</b>	Größe <b>M 12</b>	Güte <b>5.6</b>	Schnittigkeit $S_v$ <b>1</b>	Anzahl der angeschlossenen Schenkel <b>1</b>
	Lochspiel: <b>2 mm</b>				
	d0 = <b>14 mm</b>				
	Stabstahlgüte = S355				
	Streckgrenze $f_y$ = 355 N/mm <sup>2</sup>				
	Zugfestigkeit $f_u$ = 490 N/mm <sup>2</sup>				

**Nettofläche  $A_{net}$ :** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und EN 50341-3-4:2011 J.4.1 DE.1 )

Anzahl (n) der Schrauben = 1 :	$(b_1 - d_0) * t =$	1,30 cm <sup>2</sup>	maßgebend (Schraubenanzahl n = 1)
Anzahl (n) der Schrauben > 1 :	$(b_1 - d_0 + (b_2/2)) * t =$	2,30 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Anschluss an beiden Schenkeln:	$0.9 * (A - 2 * d_0 * t) =$	2,15 cm <sup>2</sup>	nicht maßgebend
Nachweis am Nettoquerschnitt maßgebend?	$A / A_{net} =$	3,79 / 1,30 = 2,91	> 1,14 => bei S335 maßgebend!



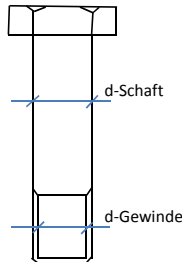
**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Zugbeanspruchbarkeit  $N_{R,z}$  =**  $(0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}) * 0.9 =$  **37,15 kN** ( EN 50341-1:2001 J.4.1 und 50341-3-4 J.4.1 DE.1 )

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $N_z / N_{R,z} =$  **0,06 < 1** Auslastung: 6%

### 4.) Nachweis der Verbindung:

#### 4.1) Scherbeanspruchbarkeit:



Der Nachweis erfolgt für "rohe Schrauben", für Passschrauben ist ein gesonderter Nachweis zu führen!  
Eine planmäßige Vorspannung der Schrauben wird nicht berücksichtigt!

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 )

Schraubengröße : **M 12** Güte : **5.6**

Schaftquerschnitt $A_{sch}$ :	1,13 cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $f_{yb}$ :	300 N/mm <sup>2</sup>
Spannungsquerschnitt (Gewinde) $A_{sp}$ :	0,843 cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $f_{ub}$ :	500 N/mm <sup>2</sup>

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mb}$  :** **1,25**

Scherfläche liegt im	Schnitt 1	ggf. Schnitt 2
	Schaft	Schaft
Faktor $\alpha_v$ :	0,6	0,6
maßgebender Abscherquerschnitt $A_v$ :	1,13	1,13 cm <sup>2</sup>

**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} = \alpha_v * A_v * f_{ub} / \gamma_{Mb} =$  27,12**  $\rightarrow \Sigma =$  27,12 kN  
↓ \* n Schrauben  
**Scherbeanspruchbarkeit  $F_{v,Rd} =$  27,12 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 2,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{v,Rd} =$  **0,09 < 1** Auslastung: 9%

#### 4.2) Lochleibungsbeanspruchbarkeit:

( EN 50341-1:2001 J.11 Tabelle J.2 und EN 50341-3-4:2011 J.11 DE.1 )

**Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M2}$  :** **1,25**

**Abstände der Bohrung**

e1 =	<b>25</b> mm
e2 =	<b>20</b> mm
P1 =	entfällt

$\alpha_b = 1.20 * e1 / d_0 =$	2,14
$\alpha_b = 1.85 * (e1 / d_0 - 0.5) =$	2,38
$\alpha_b = 2.30 * (e2 / d_0 - 0.5) =$	2,14
$\alpha_b = 0.96 * (p1 / d_0 - 0.5) =$	entfällt
<b>maßgebend min <math>\alpha_b =</math></b>	<b>2,14</b> (nach EN 50 341-1)

**Lochleibungsbeanspruchbarkeit  $F_{b,Rd} = \min \alpha_b * d * t * f_u / \gamma_{M2} * 0.8 =$  40,19 kN  $\rightarrow$  \* n Schrauben = 40,19 kN**

maßgebende Normalkraft maxN : 2,4 kN (Betrag ohne Vorzeichen)

**Zugbeanspruchungsnachweis:**  $maxN / F_{b,Rd} =$  **0,06 < 1** Auslastung: 6%